



синхронные машины

Общие сведения

Синхронные машины работают как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

В зависимости от типа привода синхронные генераторы получили и свои названия.

Турбогенератор - это генератор, приводимый в движение паровой турбиной.

Гидрогенератор вращает водяное колесо.

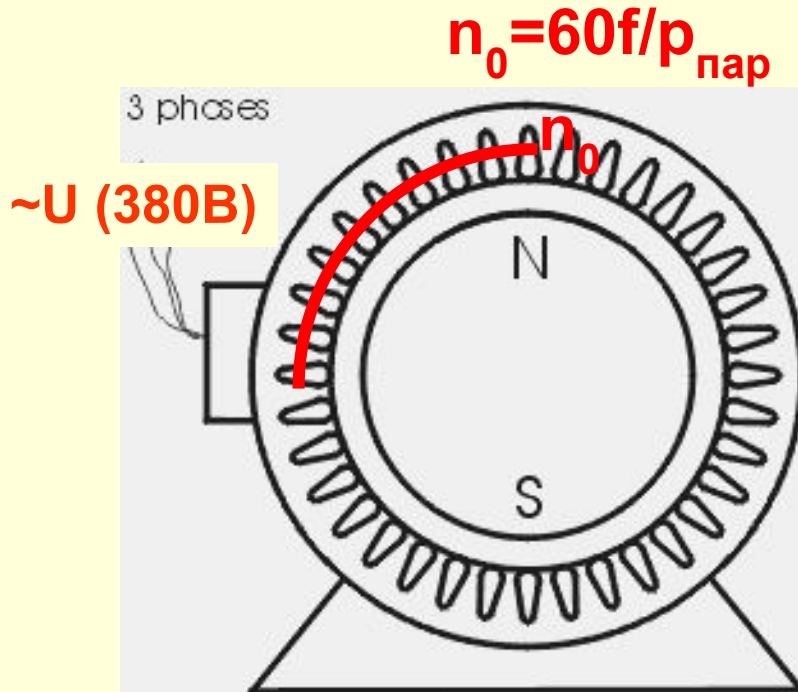
Дизель - генератор механически связан с двигателем внутреннего сгорания.

Синхронные двигатели широко применяют для привода мощных компрессоров, насосов, вентиляторов.

Синхронные микродвигатели используют для привода лентопротяжных механизмов регистрирующих приборов, магнитофонов и т.д.

Синхронная машина (СМ) – это машина переменного тока, у которой **магнитное поле и ротор** имеют **одинаковую** частоту вращения ($n_0 = 60f/p$)

Статор СМ аналогичен статору АД и служит для создания вращающегося магнитного поля

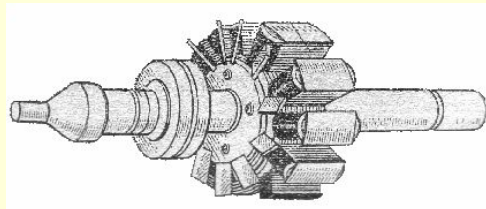
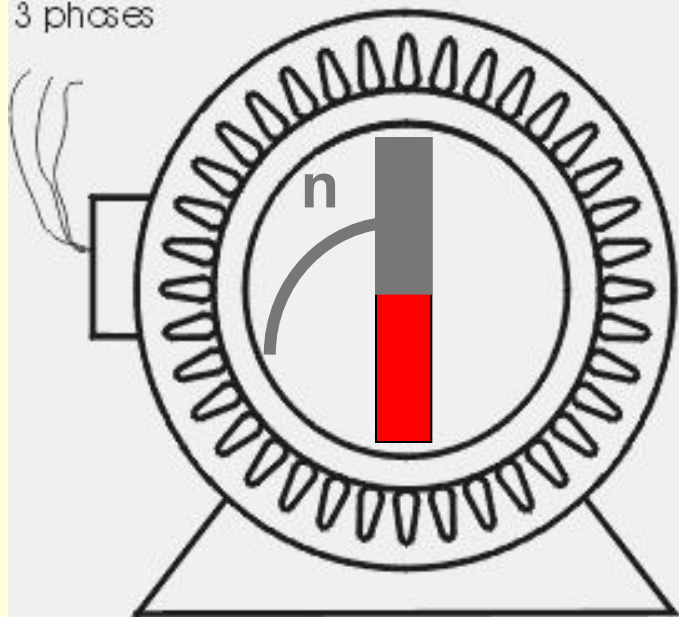


Устройство ротора СМ

Ротором СМ является электромагнит с ОВ (или постоянный магнит), которая получает питание от источника **постоянного тока** через неподвижные щетки и контактные кольца. Ротор СМ имеет свой магнитный поток.

~U (380В)

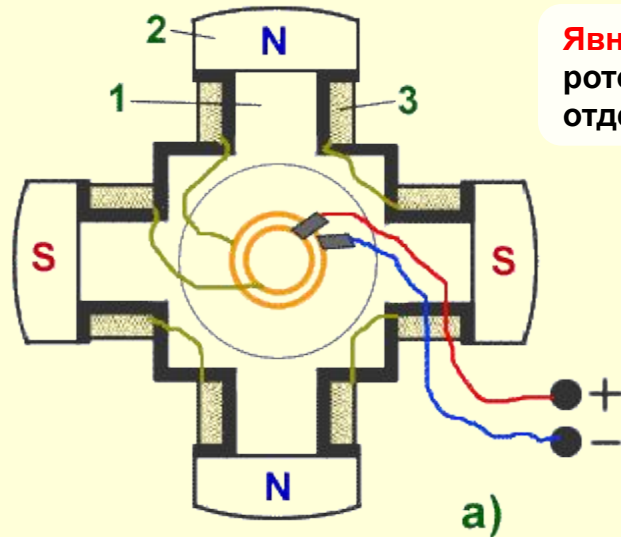
3 phases



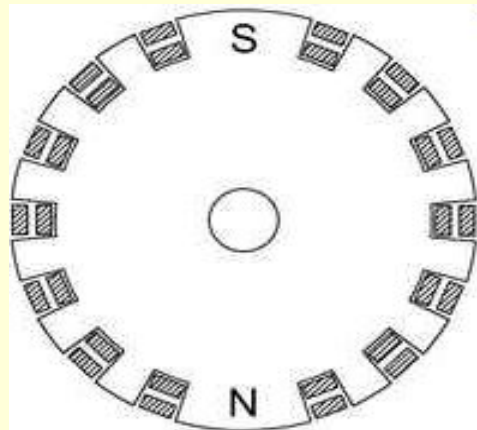
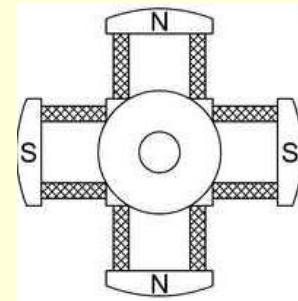
Название «**синхронная машина**» связано с тем, что ротор вращается **с такой же** скоростью, с какой вращается магнитное поле, т.е. **синхронно** с полем.

Явнополюсный и неявнополюсный роторы СМ

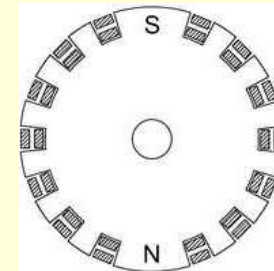
1 – полюс ротора; 2 – полюсный наконечник; 3 – обмотка возбуждения;



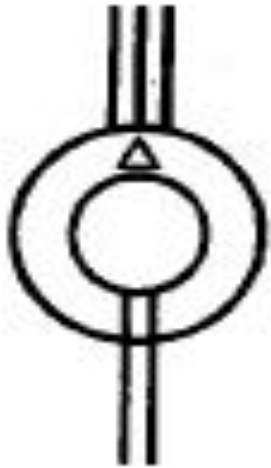
Явнополюсный – полюса ротора располагаются отдельно



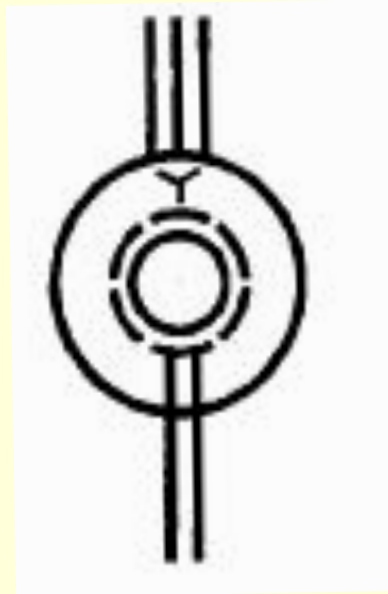
Неявнополюсный – полюса ротора сформированы обмоткой распределенной в пазах цилиндрического ротора



Обозначения СМ на электрической схеме



Трёхфазная синхронная
неявнополюсная машина.



Трёхфазная синхронная
явнополюсная машина.

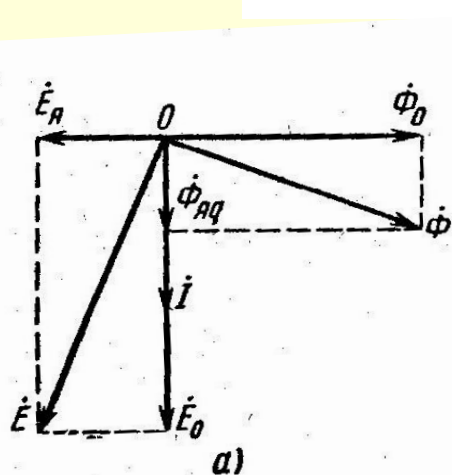
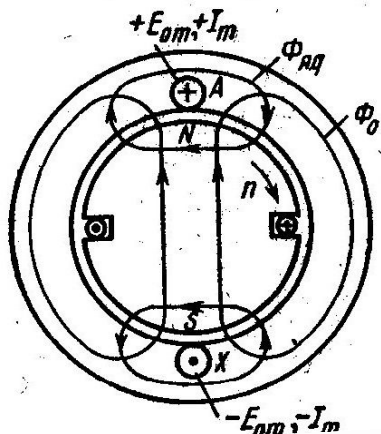


Трёхфазная синхронная
машина с возбуждением
от постоянных магнитов

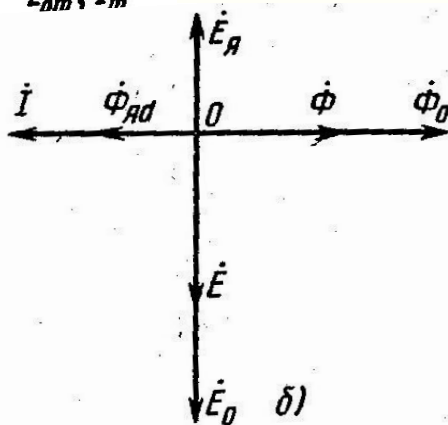
Реакция якоря синхронного генератора

При подключении обмотки якоря к трехпроводной сети под действием ЭДС по её обмотке протекает ток якоря I_a , создающий магнитный поток Φ_a .

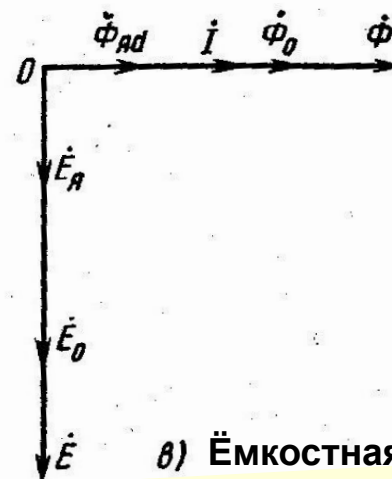
Воздействие магнитного потока якоря на основной магнитный поток называется реакцией якоря и зависит от характера нагрузки, т. е. от угла сдвига фаз между ЭДС и током якоря.



Активная нагрузка
 $\varphi = 0^\circ$

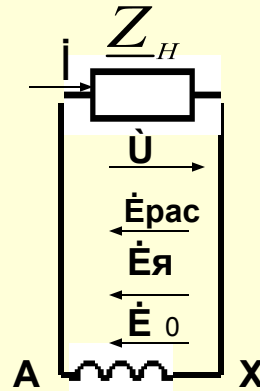


Индуктивная нагрузка
 $\varphi = 90^\circ$



Ёмкостная нагрузка
 $\varphi = -90^\circ$

Упрощенная схема и векторная диаграмма синхронного генератора. Уравнение ЭДС синхронного генератора



По второму закону Кирхгофа для замкнутой цепи фазы обмотки статора:

$$\dot{E}_0 + \dot{E}_я + \dot{E}_{рас} = \dot{U} + R_я \dot{I}, \text{ где}$$

$$\dot{E}_{рас} = -jX_{рас} \dot{I};$$

$$\dot{E}_я = -jX_я \dot{I}$$

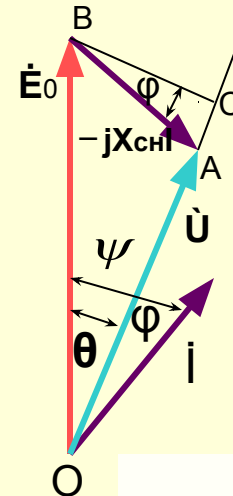
$X_{рас} + X_я = X_{сн}$ - синхронное индуктивное сопротивление обмотки статора

Упрощенное уравнение ЭДС СГ

$$\dot{U} = \dot{E}_0 - jX_{сн} \dot{I}$$

Опустив перпендикуляр из точки B на продолжение вектора напряжения \dot{U} получаем два прямоугольных треугольника: ΔABC и ΔOBC .

Векторная диаграмма СГ



Электромагнитная мощность, момент и угловая характеристика синхронного генератора

Можно считать, что электромагнитная мощность СГ равна полезной мощности:

$$P_{эм} = P_1 = 3UI \cos \varphi$$

Из прямоугольных $\Delta \Delta ABC$ и OBC векторной диаграммы СГ имеем:

$$|BC| = |AB| \cos \varphi \text{ или } |BC| = E_0 \sin \theta = jX_{сн} I \cos \varphi$$

Тогда:

$$P_{эм} = 3UE_0 \sin \theta / X_{сн}, \text{ где}$$

θ – угол между осевыми линиями полюсов ротора и статора

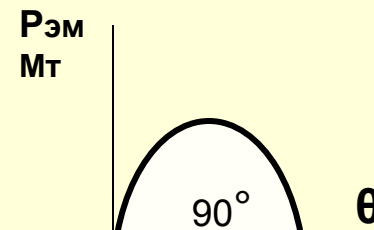
$$\theta_{ном} = 20^\circ \dots 35^\circ$$

Электромагнитный (тормозной) момент СГ

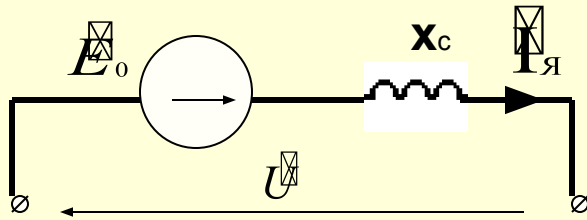
$$M = P_{эм} / \Omega$$

$$M = \frac{3UE_0 \sin \theta}{\Omega X_{сн}}$$

Угловая характеристика



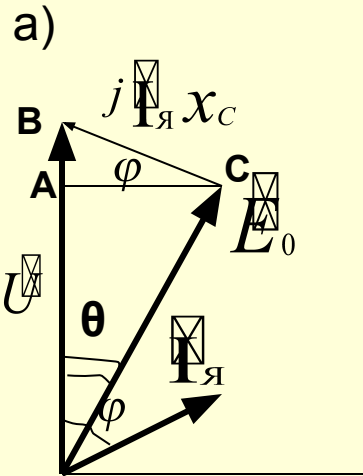
Упрощенная схема замещения (а), векторная диаграмма (б), уравнение ЭДС, электромагнитный момент и угловая характеристика (в) синхронного двигателя



В двигательном режиме ток якоря потребляется из сети, ЭДС E_0 направлена навстречу току $I_{я}$ (противоЭДС E_0).

Схема замещения фазной обмотки якоря показана на рисунке а и для нее:

$$\underline{U} = \underline{E}_0 + jI_{я} X_{сн}$$



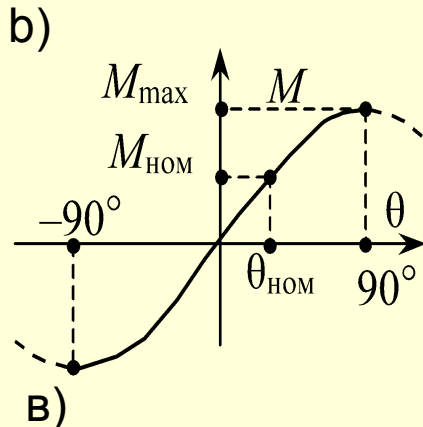
Пренебрегая потерями, можно приближенно считать, что механическая мощность $P_{мех}$ на валу двигателя равна активной мощности P , потребляемой двигателем из сети, т. е.

$$M\Omega = 3UI_{я} \cos\varphi$$

где M – вращающий электромагнитный момент двигателя;
 $\Omega = \pi n/30$ – угловая скорость ротора;
 U – фазное напряжение статора.

Поскольку проекции векторов E_0 и $jI_{я} X_{сн}$ на горизонтальную ось одинаковы, т. е. $X_{сн} I_{я} \cos\varphi = E_0 \sin\theta$, то момент M

$$M = \frac{3UE_0 \sin\theta}{\Omega X_{сн}}$$



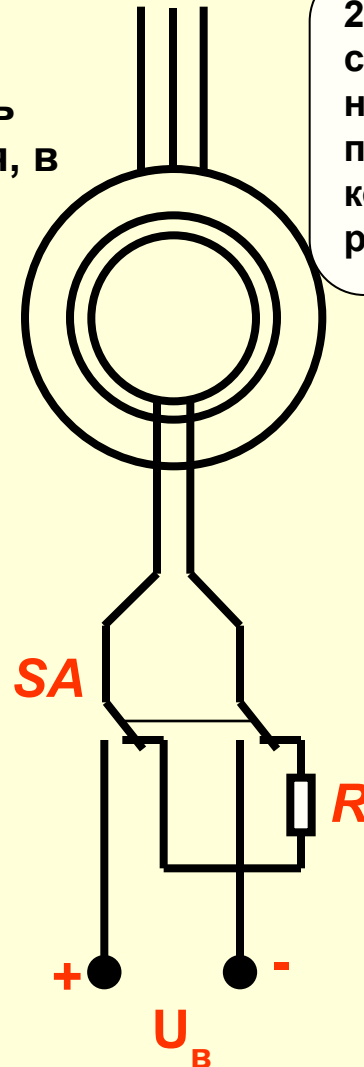
Асинхронный пуск СД

Запуск СД **невозможен прямым включением** $\sim U$ (380В) **в сеть** из-за инерционности ротора

Для запуска СД ротору необходимо сообщить скорость, близкую к скорости вращения поля, в результате чего двигателя втянется в синхронизм и ротор будет вращаться с синхронной скоростью n_0

1. Перед пуском переключатель **SA** находится в положении, при котором **ОВ** замыкается на ограничительный резистор **R**

3. После достижения предсинхронной скорости переключателем **SA** подключают обмотку ротора (**ОВ**) к сети постоянного тока **U_B**, в результате чего СД втягивается в синхронизм



2. После подключения статора к сети $\sim U$ СД начинает разгоняться подобно АД с короткозамкнутым ротором